

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以機能姿勢的原理設計坐式馬桶 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 99-2221-E-007-088-
執行期間：99年08月01日至100年07月31日
執行單位：國立清華大學工業工程與工程管理學系（所）

計畫主持人：游志雲

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：薛涵君
碩士班研究生-兼任助理人員：沈庭瑜
博士班研究生-兼任助理人員：劉建偉

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 100 年 12 月 19 日

中文摘要：觀察目前市面上販售的馬桶，發現大部分的馬桶都沒有參考人因工程的原則來設計製造，怎樣的設計才能讓使用者在使用時感到舒適且協助使用，這才是我們致力於人因工程及產品設計上主要研究的重點。

考慮使用者的使用成效及舒適度，發現目前市面上販售的馬桶有幾點人因設計處急需改善：第一，目前馬桶的標準設計高度為 41~42 cm，約與座椅高度同高，使用者在此高度下乘坐時容易以一個上身正直的姿勢乘坐於坐式馬桶上，當上半身與大腿之間的夾角大，腹部空間跟著變大，造成腹部內壓力縮小，而且於此高度下臀部的肌肉受到擠壓而呈現收縮的情況，連帶的肛門及肛門括約肌也因此無法順利擴張，形成一個不利於排便的生理狀態；第二，馬桶坐墊是以大腿來支撐身體上半身的重量，長久乘坐壓迫到大腿下方的坐骨神經，造成大腿不舒適的情況，而且坐墊沒有明顯的乘坐處，造成使用者在乘坐時無法直接坐於適當的位置，導致坐太前或太後都會影響到清潔整理的難易度；第三，馬桶坐墊縱深長度設計不佳，造成男性生殖性有碰觸的可能性，有清潔及衛生上的困擾。

除了人因設計的缺失外，另外還有工業設計上的問題也需改善，目前馬桶外型設計都很相像，除了造型一般不美觀外，還隱藏了不易清洗整理的缺點。

因此本研究將希望利用最佳機能姿勢的觀點找尋人們於排便時的機能尺寸，以此尺寸來改善設計坐式馬桶，以達到促進排便及舒適感的目標；並且也同時考慮到工業設計的觀點，希望設計出的產品能夠得到使用者的喜愛。

中文關鍵詞：機能姿勢、機能尺寸、馬桶、坐骨結節

英文摘要：Observe common toilets, we find that they are manufactured without considering with the rule of human factors. When we design produces with human factors, we think that the most important issue is how to design useful and comfortable produces. So, we find there are some imperious problems need to be improved: The first, because the design of the toilet is too high to use ischial tuberosities to support the weight, user feel the sciatic nerve uncomfortable. As the same reason, the angle between the body and the femur is too large to defecate. The second, the design of site is too small to use ischial tuberosities to support the weight; it causes a dirty site, because the location for sitting

is not obvious enough so that user cannot sit on a suitable location. The last one, the sitting space is not long enough for the male, so it possible that the penis touch the edge of the toilet. This also causes a dirty toilet.

Besides, the apparel of the toilet is not beautiful and hard to clean. In this thesis, we also change the apparel of the toilet.

In this thesis, we want to use functional posture to find the best functional measurement to improve and design the toilet.

英文關鍵詞： Functional Posture、Functional Measurement、Toilet、Ischial Tuberosities

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以機能姿勢的原理設計坐式馬桶

The Design of Toilet Based on The Concept of Functional Posture

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC99－2221－E－788

執行期間：2010 年 08 月 01 日 至 2011 年 07 月 31 日

計畫主持人：游志雲

共同主持人：

計畫參與人員：

執行單位：清華大學 工業工程與工程管理學系

中 華 民 國 一 百 年 八 月 三 十 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以機能姿勢的原理設計坐式馬桶

The Design of Toilet Based on The Concept of Functional Posture

中文摘要

觀察目前市面上販售的馬桶，發現大部分的馬桶都沒有參考人因工程的原則來設計製造，怎樣的設計才能讓使用者在使用時感到舒適且協助使用，這才是我們致力於人因工程及產品設計上主要研究的重點。

考慮使用者的使用成效及舒適度，發現目前市面上販售的馬桶有幾點人因設計處急需改善：第一，目前馬桶的標準設計高度為 41~42 cm，約與座椅高度同高，使用者在此高度下乘坐時容易以一個上身正直的姿勢乘坐於坐式馬桶上，當上半身與大腿之間的夾角大，腹部空間跟著變大，造成腹部內壓力縮小，而且於此高度下臀部的肌肉受到擠壓而呈現收縮的情況，連帶的肛門及肛門括約肌也因此無法順利擴張，形成一個不利於排便的生理狀態；第二，馬桶坐墊是以大腿來支撐身體上半身的重量，長久乘坐壓迫到大腿下方的坐骨神經，造成大腿不舒適的情況，而且坐墊沒有明顯的乘坐處，造成使用者在乘坐時無法直接坐於適當的位置，導致坐太前或太後都會影響到清潔整理的難易度；第三，馬桶坐墊縱深長度設計不佳，造成男性生殖性有碰觸的可能性，有清潔及衛生上的困擾。

除了人因設計的缺失外，另外還有工業設計上的問題也需改善，目前馬桶外型設計都很相像，除了造型一般不美觀外，還隱藏了不易清洗整理的缺點。

因此本研究將希望利用最佳機能姿勢的觀點找尋人們於排便時的機能尺寸，以此尺寸來改善設計坐式馬桶，以達到促進排便及舒適感的目標；並且也同時考慮到工業設計的觀點，希望設計出的產品能夠得到使用者的喜愛。

關鍵詞：機能姿勢 (Functional Posture)、機能尺寸 (Functional Measurement)、馬桶 (Toilet)、坐骨結節 (Ischial Tuberosities)

Abstract

Observe common toilets, we find that they are manufactured without considering with the rule of human factors. When we design produces with human factors, we think that the most important issue is how to design useful and comfortable produces.

So, we find there are some imperious problems need to be improved: The first, because the design of the toilet is too high to use ischial tuberosities to support the weight, user feel the sciatic nerve uncomfortable. As the same reason, the angle between the body and the femur is too large to defecate. The second, the design of site is too small to use ischial tuberosities to support the weight; it causes a dirty site, because the location for sitting is not obvious enough so that user cannot sit on a suitable location. The last one, the sitting space is not long enough for the male, so it possible that the penis touch the edge of the toilet. This also causes a dirty toilet.

Besides, the apparel of the toilet is not beautiful and hard to clean. In this thesis, we also change the apparel of the toilet.

In this thesis, we want to use functional posture to find the best functional measurement to improve and design the toilet.

Key words : Functional Posture 、 Functional Measurement 、 Toilet 、 Ischial Tuberosities

1. 導論

馬桶的類型隨著人們排泄的姿勢而固定區分為兩種類型，一為蹲式馬桶，另外為坐式馬桶，如圖 1-1 及圖 1-2 所示。兩種馬桶的差異性主要是在蹲式馬桶是以雙腿屈曲且上身向前傾斜的動作排泄，如圖 1-3 所示，這種姿勢可以促使臀部週遭的肌肉向外擴張，肛門及肛門括約肌的肌肉也跟著開啟，有利於排便；但是缺點就是在這種姿勢下雙腿彎曲的程度很大，若長時間以此姿勢排泄的話，可能造成腿部有麻痺等不舒適的情況。反觀坐式馬桶，是以坐姿的方式乘坐在馬桶上面，如圖 1-4 所示，此時身體的重心是位在馬桶坐墊上，並且藉由臀部及大腿與坐墊的接觸處平均支撐身體重量，使得在排泄的過程中腿部獲得較多的舒適感，可以提供一個舒適的排泄姿勢，解決蹲式馬桶的問題，但是坐姿的情況下，上半身會保持一個較為正直的狀態，不利於排便，如果此時能夠提供一個上身向前傾斜的姿勢，則能改善不利排便的問題；再加上坐式馬桶在清潔衛生方面上也比蹲姿馬桶容易維持，例如使用蹲式馬桶，不僅臀部與馬桶沒有辦法維持固定的距離，當使用者的蹲姿離地較近時，容易造成臀部碰觸到馬桶邊緣，有不衛生的問題產生，所以目前馬桶的使用率以坐式馬桶佔為多數，而本研究也將以使用率較高的坐式馬桶為研究對象，希望能夠找出坐式馬桶目前設計上的缺點並且加以設計改善。



圖 1-1 蹲式馬桶



圖 1-2 坐式馬桶

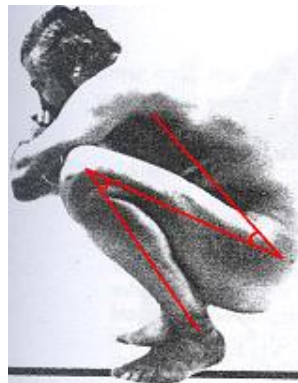


圖 1-3 坐姿示意圖

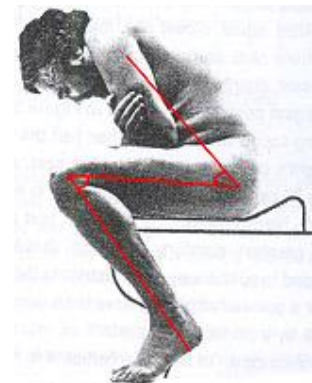


圖 1-4 蹲姿示意圖

機能工作姿勢是以「最自然」及「最省力」的工作姿勢來協以完成所需，它是考量整個工作機能姿勢所呈現出來的尺寸。本研究將以機能姿勢概念，應用及設計在目前市售馬桶應改善的尺寸設計部分，以達成下列幾個目的：

- (1) 促進排便
- (2) 增加使用馬桶時的舒適性
- (3) 改善衛生及清潔上的問題

除了人因工程方面的問題外，以工業設計的觀點來看，馬桶整體的設計也是一個需要改善的地方，因此本研究在馬桶人因部分的尺寸設計完之後，我們還會再針對工業設計的問題加以改善，以達成下列幾個目的：

- (1) 重新設計馬桶外型
- (2) 避免馬桶後座死角的產生。

2. 研究方法

由生理結構和生物力學的參考文獻中，我們透過生物力學的觀點找出最佳機能姿勢來訂定最適合的馬桶設計尺寸。首先，我們必須先找出人們使用馬桶時的機能姿勢，以此姿勢所量得的尺寸將會是馬桶設計主要的機能尺寸。根據「The Bathroom」，排便時，軀幹會稍微傾斜來增加腹部壓力，此時馬桶的高度略低於膝高，因此身體上半身的重量以坐骨結節來支撐，進而促使肛門括約肌的擴張，促進排便。因此我們各請一位男女性的受測者，於受測者排便時，以拍照的方式取得排便機能姿勢，再用描繪的方式得取最佳機能姿勢，如圖 3-1 所示。此機能姿勢是以坐骨結節為支撐處，並且經由量測得知上半身與大腿間的夾角為 56~57 度，而大腿與小腿的夾角為 71 度。

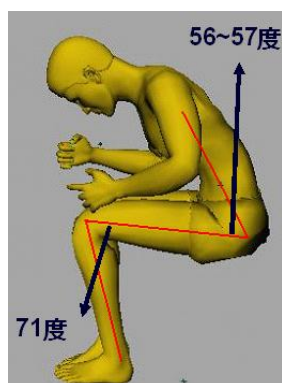


圖 3-1 排便機能姿勢圖

2.1 馬桶尺寸設計要點

以此機能姿勢我們將進行擷取機能尺寸的實驗，實驗中我們先請受測者呈現排便的機能姿勢，以此狀態下進行量測實驗，實驗可分為下列三個部分：

(1) 坐高量測：

目前馬桶需要改善的部分就是高度過高的問題，由文獻中所提及的狀況，馬桶高度太高會造成使用者在使用時會以正直的姿勢坐於馬桶上，造成腹部空間增大腹壓變小，並且肛門及肛門括約肌在此姿勢下也無法順利擴張，造成排便不易的問題。

(2) 坐骨結節距離量測：

目前馬桶坐墊開口的寬度過大，於使用時會有臀部陷於坐墊下的情況，造成無法以坐骨結節來支撐整體重量的問題，若依目前的馬桶設計，有多數人有在如廁時間閱讀書刊雜誌的習慣，時間一但過長就會導致大腿下方的坐骨神經受到壓迫而有麻木的感覺。除此之外，沒有明顯坐墊乘坐支撐處也造成坐太前或太後的問題，所以支撐處的位置設計是需要重新設計考量的地方。

(3) 跨下至臀後緣距離量測：

以目前的馬桶設計，坐墊縱深長度不夠造成男性生殖器會有碰觸到坐墊的問題，所以除了馬桶支撐處的寬度設計外，馬桶坐墊縱深長度也是要測量的尺寸之一，因此在實驗中我們將量測男女性跨下至臀後緣的深度，並加上男性平均生殖器官的長度，為未來設計馬桶坐墊縱深所需的長度。

2.2 實驗設計及數據分析

2.2.1 使用人口母體及其代表平均人

馬桶為家中或公共場合中每個人都會常常使用到的設施，因此使用人口之母體範圍我們將其訂於第 5 百分位的女性至第 95 百分位的男性之間。不過因為本研究是針對目前馬桶所產生的問題加以設計，因此所選擇的代表平均人因設計點不同而有不同的代表平均人。本研究的受測者為清華大學工業工程及工業管理系及研究所的男女性學生，男女性各 15 人，年齡介於 20~30 歲之成年人，而兩個極端體型分別為 149 cm 的女性和 184 cm 的男性。

2.2.2 坐高量測

馬桶高度若設計太高的話會使得我們於排便時腹部壓力無法增加，肛門括約肌也呈現無法擴張的狀態，造成排便不順利的情況。因此為了解決這些問題，我們將測量於機能姿勢中受測者坐骨結節與地面的距離，我們將此距離稱之為坐高。本實驗使用數位卡尺來量測受測者的坐高，下述為實驗分析的結果：

表 2-1 坐高量測數據

	平均值 Median	標準差 STD	第 5%位數 5th%ile	第 95%位數 95th%ile	抽樣數 Number
男性 Male	38.83	6.22	28.6	49.06	15
女性 Female	35.52	5.53	26.42	44.62	15
坐高 Seat Height	37.2	2.9	32.6	41.8	30

(註：5th：第 5 百分位人數的值；95：第 95 百分位人數的值；Median：平均值；N：抽樣數)

由結果得知男性的坐高比女性高，兩者的平均坐高差距約為 3 cm，考量坐高尺寸不能設計太高或太低的情況，因此我們選擇男女性的平均坐高 37 cm 來訂定馬桶高度的尺寸，以避免坐高超過 41~42 cm 或低於 26~27 cm 所造成的不舒適。

2.2.3 坐骨結節量測

我們由文獻統整中知道坐骨結節可有效支撐身體重心，本實驗量測人體坐骨結節的距離，即為坐骨結節的寬度，如圖 2-1 所示，兩側以圓圈標示為左右坐骨處，箭頭所標示的距離為實驗量測的坐骨結節距離，此參考此數據用來訂出馬桶坐墊支撐處的尺寸及坐墊開口的寬度。整個實驗流程分為下列幾個步驟：

- (1) 在油壓升降台上先用木條架出一個長方形的形狀，此形狀所佔的面積需大於受試者的臀部坐姿範圍，讓每個受試者都能夠坐於其中，而受測者的坐骨結節就會座落於此範圍之內。
- (2) 用黏土填滿木框中的空間，再用滾麵桿滾平黏土的表面，讓黏土和木條的高度一致，此平面能夠紀錄較準確的坐骨結節距離與凹陷形狀。若黏土太低，此坐姿將藉由大腿支撐上半身重量，導致坐骨結節距離偏移與凹陷形狀的改變；若太高則黏土將不受木框限制而變形，坐骨結節距離與凹陷形狀也將無法忠實呈現。
- (3) 於黏土上方鋪上一層保鮮膜，避免受測者的褲子沾到黏土，另外也可以同時保存黏土的濕潤，以維持其可重複塑造的特性。
- (4) 量測受試者身高並紀錄。

- (5) 請受測者坐於黏土上，以模擬排便姿勢的坐姿乘坐，時間大約為 1 分鐘，讓黏土充分感受受試者身體壓力而產生推擠，形成凹面。
- (6) 測試完畢後請受測者以不破壞黏土的狀態起身，以免影響黏土凹面形狀。測試後的黏土呈現 2 個凹面，為了要正確的量測坐骨結節的距離，因此選擇內聚力極大的水銀滴至凹面上，讓它滾落到凹面最深的位置，做為最深點凹洞的標記，水銀除了會落到最低點之外，也不會和保鮮膜產生黏滯而影響最低點的標記，以確切量測坐骨結節之位置，但由於目前水銀是屬於管制類的物質，因此本實驗最後以與保鮮膜間的摩擦力極小的塑膠珠子替代，此位置即為坐骨結節承受身體重量所形成的凹洞。
- (7) 拿直尺量測 2 顆塑膠珠子間的距離並加以紀錄。
- (8) 撕開保鮮膜，把黏土利用麵桿恢復成原來平坦的形狀，再將保鮮膜覆上。重複由步驟四開始，進行下一個受測者的實驗，如圖 2-1 直線所標示出的距離為坐骨結節距離。

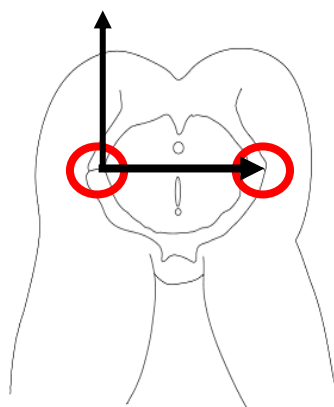


圖 2-1 坐骨結節量測示意圖

實驗中除了量測左右兩邊坐骨結節的距離外，我們還需量測坐骨結節與臀後緣之間的距離，即為坐骨結節的深度，這個深度可以提供我們馬桶縱深尺寸參考數據。而實驗數據分析結果如下：

表 2-2 坐骨結節距離量測數據

	平均值 Median	標準差 STD	第 5%位數 5th%ile	第 95%位數 95th%ile	抽樣數 Number
男性 Male	11.36	1.36	9.12	13.60	15
女性 Female	13.6	1.8	10.64	16.56	15
坐骨結節寬度 The width of IT	12.5	3.6	-	-	30

由此實驗結果分析，可以看出女性的坐骨結節距離較男性大，因為女性的骨盆較大，因此相對於男性而言坐骨結節的距離也相對較大。雖然結果是如此，但兩者平均坐骨結節的差距僅為 2.2 cm，並不是一個差異很大的結果，而且坐骨結節是分佔在臀部兩側的位置，因此兩側之間個別的差異約為 1.1 cm，對於坐墊設計所需考慮的尺寸，不論男性或女性其適用性影響不大，因此坐墊支撐處的尺寸以男女性坐骨結節距離之平均值 12.5 cm 為參考尺寸。同時為了能夠改善坐墊有明顯乘坐之處的問題，本研究於坐骨結節兩側支撐處設計曲面弧狀，讓使用者可以直接乘坐於此處，並使用坐骨結節來支撐上半身重量，解決目前馬桶坐墊設計

上以大腿支撐上半身重量的問題。

2.2.4 跨下至臀後緣量測

除了坐墊支撐處的尺寸設計外，我們也要同時考量坐墊縱深長度的尺寸設計，因此在本實驗中我們要測量受測者跨下至臀後緣的距離，得到此距離後再加上男性平均生殖器長度，成為我們未來設計馬桶座墊開口所需的尺寸，如圖 2-2 所示。本實驗測量時於受測者的跨下處擺放一個三角板，如圖 2-2 所顯示的三角板，實驗進行前請受測者的臀後緣處倚靠在木板上，以此當做量測的基準點，並請受測者將三角板向跨下推壓，以確實碰觸到胯下部位，尤其是男性受測者，盡量避免生殖器的部份也一起測量到，之後便量測跨下至臀後緣之矢狀面水平長度。下述為實驗的結果分析：

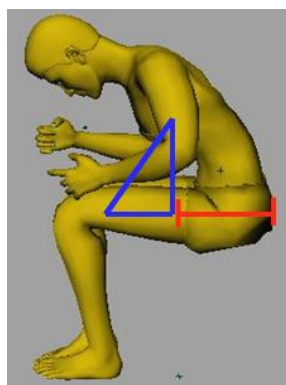


圖 2-2 跨下至臀後緣量測示意圖

表 2-3 跨下至臀後緣距離量測數據

	平均值 Median	標準差 STD	第 5%位數 5th%ile	第 95%位數 95th%ile	抽樣數 Number
男性 Male	26.2	3.6	20.3	32.1	15
女性 Female	23.5	3.8	17.3	29.7	15
跨下至臀後緣距離 Buttock to crotch	24.8	3.2	19.7	30.0	30

由實驗結果分析看來男性跨下至臀後緣的距離較女性長，結果推測是因為男性的身體厚度較厚，因此跨下至臀後緣的距離較長，但兩者平均值之間的差距不大，約為 2~3 cm 之間。而在設計上因為馬桶坐墊長度需要考量到男性生殖器可能會碰觸的問題，所以坐墊長度的設計要以男性第 95%位數的跨下至臀後緣距離為考量點，因此我們選擇設計的尺寸以男性第 95%位數的跨下至臀後緣距離當作我們設計的尺寸，為 32.05 cm，再加上男性第 95%位數的生殖器官長度，為 14.5 cm，因此最後所確定的坐墊縱深尺寸為 47 cm。如此所訂定的尺寸能夠讓馬桶坐墊開口的長度設計較具彈性，以涵蓋多數人的體型，解決男性如廁時生殖器碰觸馬桶坐墊的問題。如再前後預留 5 cm 的坐墊寬度，則整個坐墊長度為 57 cm。

3. 結果與討論

3.1 結果

根據實驗的三個量測，我們可以歸納出下列幾點設計重點：

- (1) 坐高：確立馬桶的高度，適宜的馬桶高度可幫助我們增加腹部壓力促進肛門括約肌擴張，協助排便順暢，馬桶高度的適當設計也可以讓使用者以坐骨結節來支撐身體重量，避免壓迫大腿的情況產生。
- (2) 坐骨結節的距離：確立馬桶坐墊開口的寬度，以改善當前馬桶開口寬度過大，無法有效支撐人體重心而壓迫大腿神經造成麻木的狀況，並且解決目前馬桶沒有明顯乘坐位置，所造成的清潔及衛生的問題。
- (3) 跨下至臀後緣距離：確立馬桶坐墊縱深的長度，設計的重點是以實驗後決定的尺寸加上預留空間，以避免男性生殖器與盆面碰觸，並維持盆面與整體馬桶的清潔性。

表 3-1 實驗數據歸納整理

	坐高 Seat height	坐骨結節寬度 The width of IT	跨下至臀後緣距離 Buttock to crotch
機能尺寸 Functional Measurement	37.2	12.5	32.1

3.1.1 產品規格

本研究將以三個量測結果及其他考量的尺寸，得到以機能姿勢的概念所設計的坐式馬桶尺寸，訂定出新款馬桶各個部位的構造尺寸，如圖 3-1、3-2 所示。

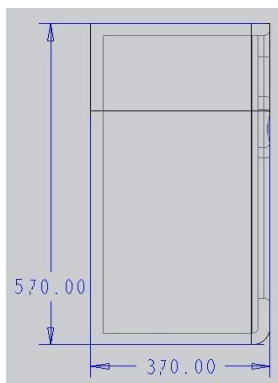


圖 3-1 坐式馬桶尺寸左側視圖

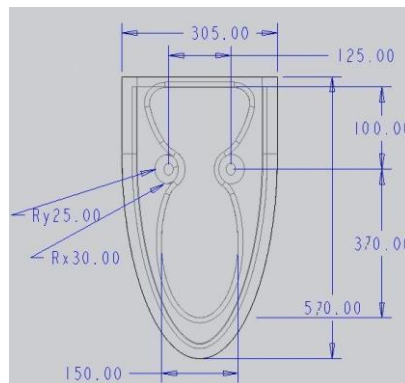


圖 3-2 坐式馬桶坐墊尺寸上視圖

3.1.2 產品整體設計

確定本研究所訂定的馬桶各部位構造尺寸後，我們還針對馬桶的外觀加以設計，因為目前市售馬桶的外觀設計不僅死角太多，造成清潔上的不易而堆積污垢與造成滋長細菌，而且馬桶造型的變化並不多，因此於研究中希望將馬桶的外觀以考量清潔性、美觀、潔淨感及外型避免死角...等觀點加以設計，以改善上述所提及的缺點。於設計的過程中藉由參考國內外各知名衛浴品牌之馬桶形式，做為我們構思發想的創意來源，最後以 CAD 圖呈現出我們的馬桶設計作品，如圖 3-3、3-4、3-5、3-6。

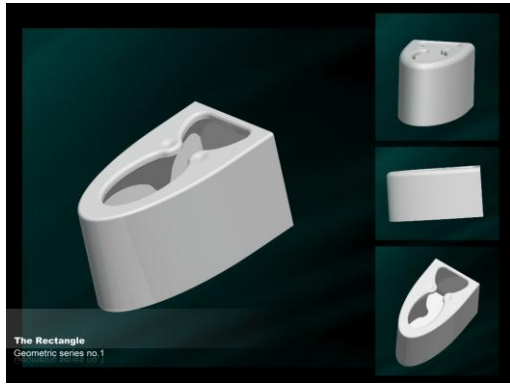


圖 3-3 馬桶外觀設計圖

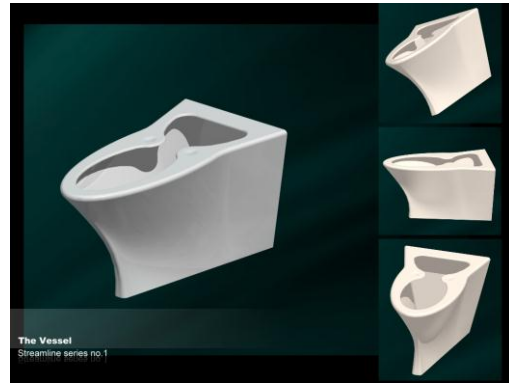


圖 3-4 馬桶外觀設計圖



圖 3-5 馬桶外觀設計圖

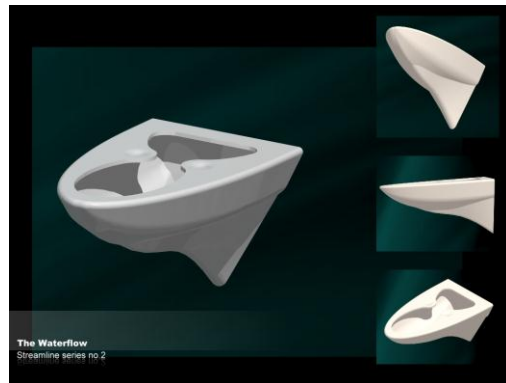


圖 3-6 馬桶外觀設計圖

3.2 討論

本研究藉由機能尺寸的概念，針對目前坐式馬桶幾個人因工程設計問題加以改善設計，因此本研究主要探討馬桶坐高及馬桶坐墊方面的尺寸設計。而考量其他馬桶效率因素，例如馬桶沖水效率…等，若將馬桶其他部分也跟著一起改善設計的話，可能又會造成一些情況，例如改善馬桶底座的部分，可能因為大小、弧度、深度的改變而影響到沖水的效率，所以未來在設計中，我們秉持著馬桶缸體部分將不會有任何改善設計的概念，以保持目前馬桶所擁有的性能。

除此之外，本研究改善設計的所有尺寸皆是以人因工程的觀點訂定出來的，希望這些改善過後的尺寸能夠解決目前馬桶於人因工程設計上的問題。但是若以不同專業領域來考慮的話，可能又會有不同的設計想法，例如本研究中所建議的坐墊寬度尺寸為 12.5 cm，婦產科領域中的專家可能會認為坐墊寬度尺寸設計的空間太小，有清潔衛生上的疑慮。因此除了以人因工程的觀點為我們主要設計考量的因素，我們應該也要多納入其他不同領域的建議，以設計出最適合人們使用的馬桶。

4. 結論與建議

4.1 結論

本研究主要是利用機能姿勢來設計馬桶各部位構造之尺寸，針對目前市售馬桶高度、馬桶的坐墊支撐、乘坐處不明顯及男性生殖器碰觸…等問題加以改善，希望以人因工程的觀點設計出適合人們使用的馬桶。首先，馬桶高度設計最佳高度應低於人體膝高高度，以便於肛

門括約肌的擴張及腹部壓力的增加。因此量測男女性於排便機能姿勢中坐骨結節與地面的間距，最終得到的尺寸為 37 cm；第二，馬桶坐墊支撐處的設計，我們以男女性平均坐骨結節距離來當作坐墊支撐處的設計尺寸，為 12.48 cm；最後，男性生殖器可能碰觸的問題，採取量測男女性跨下至臀後緣間的距離，選擇男性第 95%位數的跨下至臀後緣距離為設計尺寸，並加上男性第 95%位數的生殖器長度，因此馬桶坐墊縱深尺寸為 47 cm，而整體的坐墊長度為 47 cm 加上前後預留的坐墊寬度各 5 cm 總共為 57 cm。

最後再將馬桶結合易清潔、美觀...等優點設計出不同於一般馬桶外型的成品，希望本研究的馬桶設計不僅是生理上的改善，也是心理上的符合人因需求。

4.2 建議

使用馬桶時的機能姿勢除了可以對於馬桶構造尺寸設計外，未來對於馬桶週遭設施環境的尺寸也可以加以探討應用，例如把手的設計，可以供給老年人或行動不方便的使用者使用，避免滑倒且提供支撐力於乘坐或起身時，但距離馬桶多少距離設置把手是最佳的設計，即可使用此姿能姿勢為參考，評估出最佳的把手設置尺寸；或者是衛生紙擺放位置的設計，應考慮乘坐於馬桶上手部可達及的距離，來設計衛生紙擺放的機能尺寸。因此希望未來能應用此機能姿勢來建立整體性的馬桶設施環境圖譜。

除了馬桶的相關設施設計外，以機能姿勢的概念還可以進行其他不同產品的設計，以提供最準確的機能尺寸給設計者參考使用，提升產品在設計上及使用上的品質，貼切的符合以人因工程來設計產品的主要目的。

參考文獻

1. Alexander Kira, The Bathroom, 1929
2. Chaffin et. Al., Occupational biomechanics, John Wiley & Sons,1988
3. Clinical Anatomy for medical Students 3rd edition
4. Comparison of straining during defecation in three positions, 2003
5. Husain T., "An experimental study of some pressure effects on tissues, with reference to the bed-sore problem", Journal of pathology and Bacteriology, pp347-358,1953
6. I.A.Kapandji, The Physiology of the Joints Volume Two, pp1-63
7. Jeffrey L. Cornella, MD, Michael Hibner, MD, Dee E. Fenner, MD, J. Scott Kriegshauser, MD, Joseph Hentz, MS, and Javier F. Magrina, MD, Three-dimensional reconstruction of magnetic resonance images of the anal sphincter and correlation between sphincter volume and pressure
8. John O.L. Delancey, Md , Marc R. Togli, Md , Daniele Perucchini, Md, Internal and External Anal Sphincter Anatomy as it Relates to Midline Obstetric Lacerations
9. Julie Horan,許世鵬,廁神-廁所的文明史,上海人出版,2006
10. Klaus Kramer,江帆等譯,歐洲洗浴文化史,海南出版,2001
11. P J Shorvon, Defecography in normal volunteers: results and implication,1989
12. Roebuck J. A., , Anthropometric methods: designing to fit the human body, Human factors and

ergonomics society 1993

13. Sanders M. S., McCormick E. J., 1992
14. Satish S. C. Rao, 1999
15. TOTO, TOTO 技術-衛生陶器, <http://www.twtoto.com.tw/pottery.htm>
16. 王茂駿, 王明揚, 林昱呈, 台灣地區人體計測資料庫手冊, 中華民國人因工程學會
17. 吳水丕等譯, Mark S. Sanders & Ernest J. McCormick 著, 人因工程-工程與設計之人性因素, 1998
18. 李國棟, 在台灣銷售成功之進口衛浴品牌設計策略之研究, 2004
19. 李翔詣, 人體尺寸與工作椅之設計, 清華大學
20. 汪加麗, 座椅傾斜方向與角度對人體生理與心理反應的影響, 國立成功大學, 2003
21. 周連春, 雪隱尋蹤-廁所的歷史、經濟、風俗, 安徽人民, 2005
22. 和成, 產品介紹-生活風格, <http://www.hcg.com.tw/>
23. 林俊宏, 婦女尿失禁的介紹, 臺大醫院婦產科主治醫師, 2003
24. 胡明一編譯, 原著 John W, Karen A, 1999
25. 張瓊惠, 衛浴空間演進之趨勢研究, 台北科技大學創新設計研究所, 2007
26. 莊皓霽, 應用 3D 人模於工作場所圖譜之設計, 2006
27. 莊豐賓, 臺灣年輕男性陰莖長度和外觀的調查報告, 三總泌尿外科主治醫師, 2003
28. 許世昌, 最新實用解剖生理學, 永大書局, 1992
29. 許勝雄, 彭游, 吳水丕等編譯, 人因工程 ergonomics/human factors, 第二版, 滄海書局, 1996
30. 陳世昌, 以座壓探討不同自行車種及人因尺寸之座墊設計研究, 大同大學, 2001
31. 陳修元, 台灣地區住宅的浴廁空間、設備、使用行為沿革及使用現況調查研究, 國立成功大學建築研究所, 1990
32. 麥麗敏, 廖美華, 鍾麗琴, 戴瑄, 祁業榮, 黃玉琪, 簡明解剖生理學, 匯華圖書出版有限公司, 1999
33. 游志雲、林彥宏、陳雅珮、李正隆, 高活動性人體工學工作椅的研究發展
34. 羅世忠, 人體坐姿與坐椅介面之生物力學分析, 國立成功大學, 1994
35. 龔錦, 人體尺度與室內空間, 博遠出版社, 2000

國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：100 年 8 月 30 日

計畫編號	NSC 99-2221-E-788		
計畫名稱	以機能姿勢的原理設計坐式馬桶		
出國人員姓名	游志雲	服務機構及職稱	清華大學 副教授
會議時間	100 年 7 月 10 日至 100 年 7 月 15 日	會議地點	希臘納普利翁(Nafplion, Greece)
會議名稱	(中文)第十四屆環境人因工程國際研討會 (英文) The XIV International Conference on Environmental Ergonomics, ICEE2011		
發表論文題目	(中文)預防肌肉骨骼傷害的人因工程方法 (英文) An Ergonomic Method for WMSDs prevention		

一、參加會議經過

第十四屆環境人因工程國際研討會(The XIV International Conference on Environmental Ergonomics, ICEE2011)於 100 年 7 月 10 至 7 月 15 日於希臘維普利翁 (Nafplion, Greece)舉辦，與會的人士來自世界各國，包括歐洲、美洲、亞洲等。會議主題主要是從人因工程與生理學角度探討不同環境下工作對人體影響的評估以及傷病防護；環境包括高溫、低溫以及氧氣不足等幾大類；就高溫而言研究範疇包括國際熱舒適指標應用與探討、人模應用、環境評估、熱危害與調節、理論與模式探討等。本人於 100 年 7 月 9 日抵達維普利翁，隔日即趕赴會場。100 年 7 月 10 日至 15 日研討會期間，除了 10 日為報到日並熟悉研討會場環境之外，11 日到 15 日期間參與各研討會場次，聽取相關領域之研究報告，並且認識相關領域的與會學者，與台灣、香港、日本以及歐美相關研究的教授相談甚歡，報到會場即會場情況如圖 1、圖 2。此次大會，本人發表之研究: AN ERGONOMIC METHOD FOR WMSDS PREVENTION，被大會選為海報展示的作品，如圖 3。



圖 1 報到會場與國內學者合照



圖 2 大會開幕



圖 3 本人於海報前解說本研究之情況

二、與會心得

本次第十四屆會議在希臘 那夫普利翁(Nafplio)舉行，大會挑選納普利翁一處約有 200 年歷史的圓頂建築物為大會會場，此圓頂建築共分為 2 層，上層為一個大型會議空間，下層則設置有海報展覽廳。6 天的會議全部都在上層的會議空間進行，而會議空間是與會人士可自由出入的。此次會議共計 168 篇論文 411 位研究人員來自 30 個不同國家。論文分別安排在 one enlightened key-note lecture, 6 symposia focusing on current issues, 14 oral and 9 poster sessions。主要議題為極端溫度下工作評估與分析，細分

為氧不足環境下的工作績效 (performance in hypoxia)，低溫對血管的影響 (cold induced vasodilatation)，熱適應 (acclimatization in the heat)，極端環境生存的影響因子 (factors determining environmental survival)，熱壓力模式 (modeling thermal stress)等等。此次會議中，大會邀請在環境人因工程與生理學領域中各國的翹楚人士與會講座，不僅可以一窺此領域的前端研究報告，亦同時提供各國研究人員齊聚一堂，共同研討並抵勵相關研究成果與概念的機會，實為研究人員擴展研究觸角並深化研究內涵之重要場合。本次 6 天的會議進行下來，幾乎每個時段的各場次都有討論熱列。在會議口頭報告的場次之間，每天上下午各有一段時間是海報展覽的討論時間。各與會人士皆可自由前往，並可與海報展示之研究人員進行交流與討論。

本人此次發表之論文「An Ergonomic Method for WMSDs prevention」為本研究計畫於機能式的原理之延伸應用。除了海報展示時，與各國研究人員熱列討論之餘，在會議口頭報告之中，本人對於 Fiala et al.的「Models for Engineering Application」的論文也特別感興趣。此論文是採用各項人體計測資料，包括 3D 體積，生理值等，來建構一個數值化的 3D 人體熱模型(thermal model)。這樣的研究應用對於本研究計畫之後續應用是有直接相關的。此次參與國際會議之經驗與心得，給予本人在研究領域與心得有重要的啟示。

三、考察參觀活動(無是項活動者略)：無

四、建議

本次研討會有幾篇論文是探討關於氧氣不足的環境對疲勞的影響機制。國內目前大多著重於造成肌肉骨骼傷害的五大危險因子進行研究，對於溫度、氧氣不足的研究比較少，未來或許在可以在這方面加以琢磨，探討相關之影響。

此國際會議在希臘納普利翁，納普利翁是希臘現代化後的第 1 個首都，其主體為一海港，坐落於伯羅奔尼撒半島東北方的海灣，迎客晚宴時，大會使用遊艇在海灣上進行，並提供餐券給與會學者使用，可以自由選擇來享用餐點，這些安排讓大會有學術交流嚴肅的實質，卻又不流於呆板形式，值得學習，未來我國若舉辦相關之國際研討會，可考慮以此方式進行。

五、攜回資料名稱及內容

ICEE2011 議程論文集。

六、其他：無

An Ergonomic Method for WMSDs prevention

Chi-Yuang Yu, ChihYong Chen, Chien-Wei Liu

INTRODUCTION

Work-related musculoskeletal disorder (WMSD) is a serious occupational safety and hygiene problem in industrial countries, affecting not only the health of workers but also causing tremendous cost to industry due to work absenteeism, medical expenses, and productivity loss (Liang 2003). According to EU, US, and Japanese statistics, the percentage of occupational injury lost work days that are attributable to WMSD is consistently high: EU 38% (ERUOGIP 2007), US 32% (BSL 2007), and Japan 41.2% (Suka & Yoshida 2005). The total loss due to WMSD in the EU is as high as \$216 billion US, and in the US itself \$168 billion. In Taiwan, the percentage is about 33%, resulting in a loss of \$2 billion NT each year (BLI 2010).

Although the causes of WMSD include diverse generic and occupation specific factors, nevertheless it is generally agreed under long-term exposure condition, the leading occupational causes of WMSD are awkward working posture, over-exertion, repetitive motion, vibration, unfavorable temperature, and (Lee 1999).

To prevent WMSD for a workplace, the approach is to identify key risk factors of WMSD, and then for each risk factor, to design an improved design that eliminates or lowers the severity of these factors, so that worker's musculoskeletal stress is lowered.

Aiming at eliminating or reducing the risk factors of WMSD, a logical and stepwise ergonomical intervention technique for WMSD prevention has been developed and evolved in recent years.

METHODS

This technique consists of a checking-typed process chart (Figure 1) and 3 diagrammatic standard operation procedures (SOP, Figure 2). The process chart consists of 5 stages: "work observation," "risk factor diagnosis," "design improvement," and "result evaluation," and "other intervention"; the 3 worksheets are used to assist information recording for work observation, risk factor analysis, design improvement idea development, and result evaluation, or suggestion of other intervention alternatives.

"Work observation" is used to record the current work situation, such as workplace layout, equipment and tools, working parts and materials, worker characteristics, as well as task analysis of the work performance. This phase is meant to collect background information for "Risk factor diagnosis."

"Risk factor diagnosis" analyzes and identifies the key risk factors (e.g. awkward posture, over-exertion, high repetition, tissue compression, and vibration) that lead to musculoskeletal stress during task performance.

"Design improvement" is seeking a better work method and/or workplace design via "machine substitution," "work method improvement," or "work posture improvement." This is the idea

```

graph TD
    A[1. Work observation] --> B{2. Risk Factor / Diagnosis}
    B --> C[3. Design Improvement]
    C --> D{4. Result Evaluation}
    D --> E[5. Other intervention]
    D --> F[Report Writing]
    E --> F
  
```

1. Work observation

- Machine
 - Hand / foot press
 - Others
- Force saving devices
 - Minicranes / Lifters / Carts
 - Lifting tables / Stackers
 - Others
- Conveying devices
 - Conveyors
 - Rotational arms / Drums
 - Sliding bars / Plates
 - Others
- Holders / Rack
 - Butterfly baskets
 - Intermediate racks
- Tools
 - Handle : Straight / Pistol
 - Long / Short
 - Others
- Others :

2. Risk Factor / Diagnosis

- Axial posture
- Over exertion
- High repetition
- Tissue compression
- Vibration

3. Design Improvement

1. Substitute by machinery

Machine

Force-saving Device

Conveying device

Holder / rack

Hand tools

Others

2. Work Method Improvement

By whole body

By feet

Alternate left / right hand

Alternate left / right foot

Others

4. Result Evaluation

1. Work optimization

Erect standing

Sit-stand

Sitting

Working surface, height, depth

Work envelope

5. Other intervention

Health fitness promotion

Administrative

- Work / Rest cycle
- Work shift
- Personnel relocation

6. Work Posture Optimization

Erect standing

Working point height

Working surface height

Sit-stand

50cm, 55cm, 60cm, 65cm, 70cm

Sitting

Back support

Work surface / work envelope

grip / elbow height

-90° -60° -30° -15° 0°

+90° +60° +30° +15° 0°

Others

[illegible]

external upholstery is the vinyl cover of the inner form, weighing 500 g. The final assembly of the driver's seat has a size of 40 cm x 40 cm x 75 cm, and weighs 22 kg. The worker is a 27-year-old male of 160 cm height and 60 kg weight.

First, the worker grabs the form materials from conveyer A, assembles them with glue, and com-presses them with the power press on conveyer A for 5 seconds. Then he takes the form assembly and turns to the final assembly workstation of conveyer B. He fits the form assembly onto the seat-pan chassis, and then grabs the external upholstery from conveyer B, wraps it over the form assembly, and pulls the rim of upholstery beneath the chassis. Then he tilts the seat 90 degrees to reveal the button of the chassis, whereupon he fastens the upholstery with a stapling gun at 20 sites. After completing this final assembly, the worker then unloads the seat and carries it 2 meters to the oven for temperature setting.

The work cycle is 3 minutes; the worker must complete 160 repetitions in an 8-hour work shift.



Fig 3. (a) The final assembly of covering the form material with external vinyl upholstery. (b) The worker carries the final assembly of the driver's seat to the oven for temperature set-ting.

Risk Factor Diagnosis

The key risk factors of this work activity are awkward working posture, over-exertion and repetition. The worker has to lift the completed driver's seat, hold it against his chest, and carry it 2 meters to the oven every 3 minutes. The driver's seat weighs 22 kg. The KIM checklist shows a load rating point of 4, a posture rating point of 4 (because of the bulky load and the great horizontal distance), and a working condition of 0, and multiplied by a time rating point of 4, the total risk score is 32. This score indicates a physical overload for the average worker, thus redesign of the workplace is recommended. It is noted that a risk rating of 4 is considered as a risk factor, therefore awkward working posture, over-exertion and repetition were identified as risk factors.

The analysis of biomechanical load moment on the shoulder is 28 N-m, on the elbow 25 N-m, with a compression force on L5/S1 of 1585 N. This compression force is 46.7% of the action limit (3400 N). It can be considered a heavy workload since the worker must perform 160 repetitions a day.

Design Improvement

To develop a feasible design for reducing the risk factors of this work - awkward working posture, over-exertion and repetition, various idea alternatives are checked, as depicted on the intervention process chart (see Figure 1). First, "machine substitution" is checked. Among this category, there are several sub-categories, such as machines, force-saving devices, conveying devices, tools, holders

or racks, and so on, as listed on the left block diagram of the chart. Under holder sub-categories, a rotational arm seems to be a feasible substitution for the manual force of the worker. It is obvious that it can reduce the stress due to over-exertion and repetition.

The rotational arm consists of a main post of 10 cm diameter and 90 cm high. On the top of the post is a bearing cap. The cap is fabricated with an extendable horizontal bar. On the end of the bar there is a horizontal plate for holding the driver's seat. (see Figure 4.)

The rotational arm is installed in between the final assembly workstation and the oven. The worker is now tasked to direct and insert the horizontal plate under the driver's seat. The rotational arm carries the driver's seat, so the worker need only swing it to the oven, and push it inside. By this method, the worker's load is significantly reduced.

Since "machine substitution" is feasible ("Yes" on the process chart), the process moves forward to "work posture improvement." He need not have to bend his head laterally since his eyes are not blocked by the chair anymore, so his working posture is in good erect-standing working posture, as listed in the block. So the design improvement has completed reduced the 3 identified risk factors.

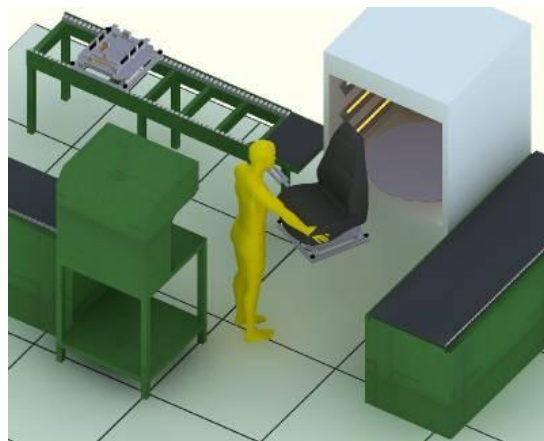


Fig 4. Idea sketch of rotational arm for carrying the driver's seat to the oven.

Result evaluation

Based on the improved design, the worker's stress is significantly reduced, and work efficiency increased. Analysis by Key Indicator Method reveals that the load rating point is now 1 (less than 1 kg), the posture rating point is now 1 (erect standing), and the working condition is 0. Multiplied by a time rating point of 4 (as no lifting is required), the total risk score has fallen to 8. This indicates that physical stress has been significantly reduced.

Biomechanical analysis shows that after the improvement, load moment on the shoulder has been reduced from 28 N-m to 3 N-m, on the elbow from 25 N-m to 2 N-m, and the compression force on L5/S1 has been reduced from 1585 N to 392 N, which is just 11.5% of the action limit (3400N).

Other intervention

Since the workplace and work method are improved, and the result evaluation shows that the musculoskeletal stress of the work can be effectively reduced, no other intervention is needed.

CONCLUSION

Our technique is the result of a long-term evolution. To date, we have intervened more than 1000 WMSD workplaces, through trial and error so it gradually evolved and refined.

To date, this ergonomical intervention method has been used to counsel 250 factories, more than 1000 workplace. Results of workplace improvement intervention are highly recognized. after

intervention, the lumbar compression force reduces about 20%-73%, complains of pain and discomforts of workers drops, and work performance increases significantly(Figure 5). Moreover, the cost of intervention is generally low, the majority is generally less than 2000 US dollars. (Figure. 6).

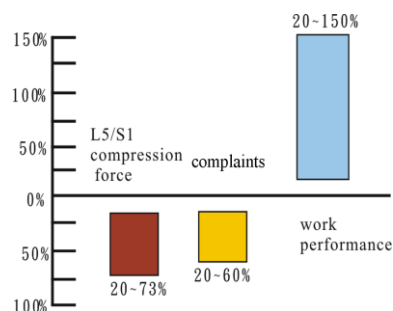


Fig 5. The percentage of reduction of L5/S1 compression force, complains, and increase of performance after intervention.

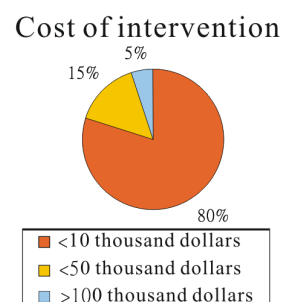


Fig 6. The cost distribution of intervention.

In general, this intervention technique is effectively applicable to 97% of cases. Because of its general application, it can be used as a DIY directive in guiding ergonomists, industrial hygienists, and field supervisors to improve workplaces and/or work methods toward the prevention of WMSD.

REFERENCES

- BLI. (2010). 2005-2009 Annual reports. Bureau of Labor Insurance, Council of Labor Affairs, R.O.C.(Taiwan).
- BLS. (2007). Nonfatal occupational injuries and illnesses requiring days away from work (2002~2006), Bureau of Labor Statistics, USA.
- EUROGIP. (2007). Musculoskeletal disorders in Europe-Definitions and statistics, EUROGIP.
- Lee, C.L. (1999). MSDs of construction labourer, Labor Safe and Hygiene News in Brief, 39(4).
- Liang H.W. (2003). Labor investigate yearly report, A brief of WMSDs, Industrial safety scientific and technological quarterly 50:2-6, Council of Labor Affairs Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan).
- Suka, M. & Yoshida, K. (2005). Musculoskeletal pain in Japan: prevalence and interference with daily activities, Japan College of Rheumatology and Springer-Verlag Tokyo

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/12/14

國科會補助計畫	計畫名稱：以機能姿勢的原理設計坐式馬桶
	計畫主持人：游志雲
	計畫編號：99-2221-E-007-088-學門領域：人因工程與工業設計
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：游志雲			計畫編號：99-2221-E-007-088-				
計畫名稱：以機能姿勢的原理設計坐式馬桶							
成果項目			量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）
			實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比		
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	2	100%	人次	
		博士生	0	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無
---	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與（閱聽）人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

☒達成目標

☐未達成目標（請說明，以 100 字為限）

☐實驗失敗

☐因故實驗中斷

☐其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：☒已發表 ☐未發表之文稿 ☐撰寫中 ☐無

專利：☐已獲得 ☐申請中 ☒無

技轉：☐已技轉 ☐洽談中 ☒無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

目前市面上販售的馬桶大部分的馬桶都沒有參考人因工程的原則來設計製造，考慮使用者的使用成效及舒適度，本研究提出幾點：

首先，馬桶高度設計最佳高度應低於人體膝高高度，以便於肛門括約肌的擴張及腹部壓力的增加。因此量測男女性於排便機能姿勢中坐骨結節與地面的間距，最終得到的尺寸為 37 cm；第二，馬桶坐墊支撐處的設計，我們以男女性平均坐骨結節距離來當作坐墊支撐處的設計尺寸，為 12.48 cm；最後，男性生殖器可能碰觸的問題，採取量測男女性跨下至臀後緣間的距離，選擇男性第 95%位數的跨下至臀後緣距離為設計尺寸，並加上男性第 95%位數的生殖器長度，因此馬桶坐墊縱深尺寸為 47 cm，而整體的坐墊長度為 47 cm 加上前後預留的坐墊寬度各 5 cm 總共為 57 cm。最後再將馬桶結合易清潔、美觀…等優點設計出不同於一般馬桶外型的成品，本研究的馬桶設計不僅是生理上的改善，也是心理上的符合人因需求。